

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-290932

(43)Date of publication of application : 05.11.1996

(51)Int.Cl.

C03B 37/018  
G02B 5/18  
G02B 6/00  
G02B 6/10  
G02B 6/16

(21)Application number : 07-090872

(71)Applicant : SUMITOMO ELECTRIC IND LTD

(22)Date of filing : 17.04.1995

(72)Inventor : ENOMOTO TADASHI

ITO MASUMI

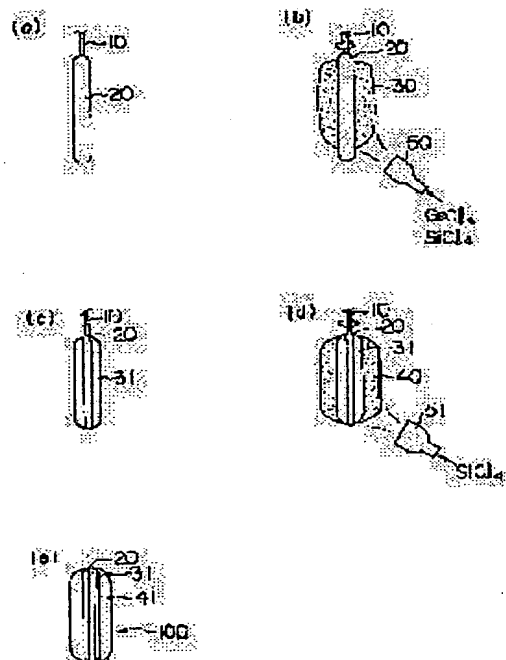
INAI MAKI

## (54) PRODUCTION OF BASE MATERIAL FOR OPTICAL FIBER

## (57)Abstract:

**PURPOSE:** To produce a base material for optical fiber which can reflect the light of a certain wavelength with high reflectance by making diffraction gratings inside the glass fiber.

**CONSTITUTION:** A core rod 20 made of quartz glass containing germanium oxide 20 is prepared and fine particles 30 of the first quartz glass to which germanium oxide is added are deposited on the outer surface of this core rod, then the first quartz glass fin particles are sintered to form the first clad 31 having a diffraction index lower than that of the core rod 20. Further, fine particles 40 of the second quartz glass are deposited on the outer peripheral surface of the first clad, and finally the second quartz glass particles are sintered to give the second clad 41 whereby the objective base material of optical fiber is produced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

10.07.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the  
examiner's decision of rejection or application  
converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of  
rejection]

BEST AVAILABLE COPY

[Date of requesting appeal against examiner's decision  
of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

3/4

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-290932

(43) 公開日 平成8年 (1996) 11月5日

| (51) Int. Cl. <sup>8</sup>  | 識別記号  | 庁内整理番号 | F I            | 技術表示箇所 |
|-----------------------------|-------|--------|----------------|--------|
| C 0 3 B 37/018              |       |        | C 0 3 B 37/018 | C      |
| G 0 2 B 5/18                |       |        | G 0 2 B 5/18   |        |
| 6/00                        | 3 5 6 |        | 6/00           | A      |
| 6/10                        |       |        | 6/10           | C      |
| 6/16                        |       |        | 6/16           |        |
| 審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 7 頁) |       |        |                |        |

(21) 出願番号 特願平7-90872

(22) 出願日 平成7年 (1995) 4月17日

(71) 出願人 000002130

住友電気工業株式会社

大阪府大阪市中央区北浜四丁目5番33号

(72) 発明者 榎本 正

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 伊藤 真澄

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

(72) 発明者 稲井 麻紀

神奈川県横浜市栄区田谷町1番地 住友電気工業株式会社横浜製作所内

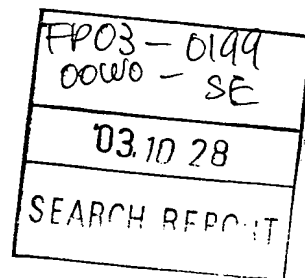
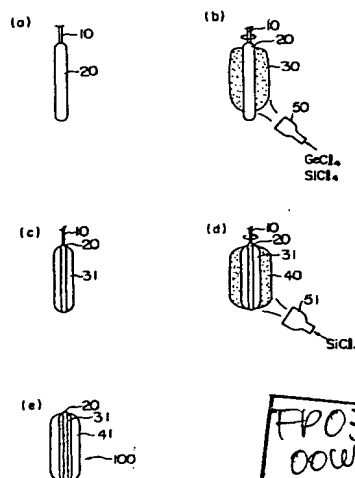
(74) 代理人 弁理士 長谷川 芳樹 (外3名)

(54) 【発明の名称】 光ファイバ母材の製造方法

(57) 【要約】

【目的】 回折格子を作り込むことで所定波長の光を高い反射率で反射する光ファイバの母材を製造する方法を提供する。

【構成】 酸化ゲルマニウムが添加された石英ガラスからなるコアロッドを用意し、このコアロッドの外周面上に酸化ゲルマニウムが添加された第1の石英ガラス微粒子を堆積させ、次に、第1の石英ガラス微粒子を焼結して、コアロッドより低屈折率の第1のクラッドを形成し、次いで、第1のクラッドの外周面上に第2の石英ガラス微粒子を堆積させ、最後に、この第2石英ガラス微粒子を焼結して、第2のクラッドを形成することにより、光ファイバ母材が製造される。



BEST AVAILABLE COPY

## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 酸化ゲルマニウムが添加された石英ガラスからなるコアロッドを用意し、このコアロッドの外周面上に酸化ゲルマニウムが添加された第1の石英ガラス微粒子を堆積させる第1の工程と、

前記第1の石英ガラス微粒子を焼結して、前記コアロッドより低屈折率の第1のクラッドを形成する第2の工程と、

前記第1のクラッドの外周面上に第2の石英ガラス微粒子を堆積させる第3の工程と、

この第2石英ガラス微粒子を焼結して、第2のクラッドを形成する第4の工程と、

を備える光ファイバ母材の製造方法。

【請求項2】 前記第1の工程は、前記第1石英ガラス微粒子を第1バーナの火炎中で生成し、前記コアロッドをその軸を回転軸として回転させながら前記第1石英ガラス微粒子を吹き付けて、この第1石英ガラス微粒子を前記コアロッドの軸方向に成長させる工程であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ母材の製造方法。

【請求項3】 前記第1の工程は、前記第1石英ガラス微粒子を第1バーナの火炎中で生成し、前記コアロッドをその軸を回転軸として回転させながら、前記第1バーナを前記コアロッドの軸とほぼ平行に相対的に移動させて前記第1石英ガラス微粒子を吹き付ける工程であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ母材の製造方法。

【請求項4】 前記第2の工程は、フッ素を含む雰囲気中で前記焼結を行う工程であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ母材の製造方法。

【請求項5】 前記第3の工程は、前記第2石英ガラス微粒子を第2バーナの火炎中で生成し、前記コアロッドと前記第1クラッドの複合体をその軸を回転軸として回転させながら前記第2石英ガラス微粒子を吹き付けて、この第2石英ガラス微粒子を前記複合体の軸方向に成長させる工程であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ母材の製造方法。

【請求項6】 前記第3の工程は、前記第2石英ガラス微粒子を第2バーナの火炎中で生成し、前記コアロッドと前記第1クラッドの複合体をその軸を回転軸として回転させながら、前記第2バーナを前記複合体の軸とほぼ平行に相対的に移動させて前記第2石英ガラス微粒子を吹き付ける工程であることを特徴とする請求項1記載の光ファイバ母材の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は、所定部位の屈折率を周期的に変化させて回折格子を作り込むための光ファイバの母材製造技術に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 光学部品的一种である回折格子には種々

の態様のものがあるが、光通信システム等に利用する場合には、特に、他の光ファイバとの接続が容易で、かつ挿入損失の低い光ファイバ型回折格子が好適である。この光ファイバ型回折格子は、光ファイバ内の所定部位に形成された一領域であって、実効屈折率が軸方向に沿って周期的に変化しているものである。

【0003】 光ファイバ型回折格子の作製方法、すなわち光ファイバ内に回折格子を形成する方法としては、例えば特開昭62-500052号公報に記載のものが知られている。これは、酸化ゲルマニウムを添加してコアを形成した石英系光ファイバに紫外光を照射することにより、コアに周期的な屈折率変化を生じさせ、回折格子を形成する方法である。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上述の方法では、得られる回折格子の反射率は必ずしも十分でない。すなわち、回折格子が作り込まれた光導波路では、その反射率が重要な特性であるが、この反射率は以下の式(1)のように、回折格子長(コア内において、  
20 屈折率が周期的に変化している領域の長さ)と光誘起屈折率変化に依存する。

## 【0005】

$$R = \tanh^2 (L \cdot \pi \cdot \Delta n_{\text{eff}} / \lambda) \quad \cdots (1)$$

ここで、Rは反射率、Lはコア内に作り込まれた回折格子長、 $\Delta n_{\text{eff}}$ は紫外光に対する屈折率変化(光誘起屈折率変化)、 $\lambda$ は反射波長である。

【0006】 紫外光照射による屈折率変化はガラス中のゲルマニウムに関連したガラス欠陥に起因することが知られているが、通常の通信用光ファイバを用いたのでは  
30 クラッド部分でのガラス欠陥が少ないために、この部分における紫外光による屈折率変化 $\Delta n_{\text{eff}}$ はコアでの屈折率変化 $\Delta n_{\text{eff}}$ に比べて小さい。したがって、光ファイバ全体として十分な反射率が得られないという課題があった。

【0007】 この発明は上記の課題を解決するためになされたもので、回折格子を作り込むことで所定波長の光を高い反射率で反射する光ファイバの母材を製造する方法を提供することを目的とする。

## 【0008】

40 【課題を解決するための手段】 上記の問題点を解決するために、本発明の光ファイバ母材製造方法は、酸化ゲルマニウムが添加された石英ガラスからなるコアロッドを用意し、このコアロッドの外周面上に酸化ゲルマニウムが添加された第1の石英ガラス微粒子を堆積させる第1の工程と、第1の石英ガラス微粒子を焼結して、前記コアロッドより低屈折率の第1のクラッドを形成する第2の工程と、第1のクラッドの外周面上に第2の石英ガラス微粒子を堆積させる第3の工程と、この第2石英ガラス微粒子を焼結して、第2のクラッドを形成する第4の  
50 工程とを備えている。

【0009】上記の第1工程は、第1石英ガラス微粒子を第1バーナの火炎中で生成し、コアロッドをその軸を回転軸として回転させながら第1石英ガラス微粒子を吹き付けて、この第1石英ガラス微粒子をコアロッドの軸方向に成長させる工程である良い。

【0010】また、上記の第1工程は、第1石英ガラス微粒子を第1バーナの火炎中で生成し、コアロッドをその軸を回転軸として回転させながら、第1バーナをコアロッドの軸とほぼ平行に相対的に移動させて第1石英ガラス微粒子を吹き付ける工程であっても良い。

【0011】上記の第2工程は、フッ素を含む雰囲気中で焼結を行う工程であると良い。

【0012】上記の第3工程は、第2石英ガラス微粒子を第2バーナの火炎中で生成し、コアロッドと第1クラッドの複合体をその軸を回転軸として回転させながら第2石英ガラス微粒子を吹き付けて、この第2石英ガラス微粒子を上記複合体の軸方向に成長させる工程であると良い。

【0013】また、上記の第3工程は、第2石英ガラス微粒子を第2バーナの火炎中で生成し、コアロッドと第1クラッドの複合体をその軸を回転軸として回転させながら、第2バーナを複合体の軸とほぼ平行に相対的に移動させて第2石英ガラス微粒子を吹き付ける工程であっても良い。

【0014】

【作用】本発明では、第1の工程で酸化ゲルマニウムが添加された第1石英ガラス微粒子がコアロッド上に堆積され、これが第2の工程で焼結されることで第1クラッドが形成される。さらに、この第1クラッドの上に第2クラッドが形成されることで光ファイバ母材が製造される。

【0015】この光ファイバ母材のうちコアロッドを密着して覆う第1クラッドは、酸化ゲルマニウムが添加された石英ガラスから構成されている。また、この光ファイバ母材には、コアロッドにも酸化ゲルマニウムが添加されている。このため、この光ファイバ母材を線引すると、コア及びクラッドのそれぞれに酸化ゲルマニウムが添加された石英系光ファイバが得られる。

【0016】この光ファイバの所定部位に対して紫外光を照射すると、この所定部位に含まれるコア及びクラッドの双方において紫外光が入射した部分の屈折率が変化する。このため、例えば、この光ファイバに紫外光の干渉縞を照射することで、コア及びクラッドの双方に回折格子を形成することができる。

【0017】こうして所定部位のコア及びクラッドの双方に回折格子が作り込まれた光ファイバでは、コアを伝搬する導波光のみならず、導波光のうち導波中にクラッドへ放射される光も上記部位において反射され、モードフィールド全域にわたって導波光が反射される構造を有している。それゆえ、この光ファイバは高い反射率を有

する。

【0018】なお、上記導波光のうちクラッドへ放射される光は、コアからわずかにクラッド側へ漏出しているだけなので、クラッドにおける回折格子がコアとクラッドとの境界面付近のみに存在する場合でも、十分に高い反射率を有する。

【0019】本発明のガラス母材製造方法のうち、第1石英ガラス微粒子を第1バーナを用いてコアロッドの軸方向に成長させる上記の方法によれば、第1石英ガラス微粒子がコアロッドの外周面上にほぼ均一に堆積され、均一な厚さの第1クラッドが形成される。

【0020】第1バーナをコアロッドの軸とほぼ平行に相対的に移動させる上記の方法の場合も同様であり、第1石英ガラス微粒子がコアロッドの外周面上にほぼ均一に堆積され、均一な厚さの第1クラッドが形成される。

【0021】本発明のガラス母材製造方法のうち、フッ素を含む雰囲気中で第1石英ガラス微粒子の焼結を行う方法では、第1クラッドにフッ素が添加される。フッ素は、酸化ゲルマニウムとは逆に石英ガラスの屈折率を低下させる添加物であるから、酸化ゲルマニウムとともにフッ素を第1クラッドに添加することで、コアロッドと第1クラッドとの比屈折率差の制御が容易になる。

【0022】本発明のガラス母材製造方法のうち、第2石英ガラス微粒子を第2バーナを用いてコアロッドと第1クラッドの複合体の軸方向に成長させる上記の方法によれば、第2石英ガラス微粒子が複合体の外周面上にほぼ均一に堆積され、均一な厚さの第2クラッドが形成される。

【0023】第2バーナをコアロッドと第1クラッドの複合体の軸とほぼ平行に相対的に移動させる上記の方法の場合も同様であり、第2石英ガラス微粒子が複合体の外周面上にほぼ均一に堆積され、均一な厚さの第2クラッドが形成される。

【0024】

【実施例】以下、添付図面を参照しながら本発明の実施例を詳細に説明する。なお、図面の説明において同一の要素には同一の符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面の寸法比率は説明のものと必ずしも一致していない。

【0025】図1は、本実施例の光ファイバ母材製造方法を説明するための図である。この図を参照しながら、本実施例の母材製造方法を説明する。なお、本実施例では、シングルモード光ファイバ用の母材を製造する。

【0026】まず、図1(a)のように、酸化ゲルマニウム( $\text{GeO}_2$ )が添加された石英ガラス( $\text{SiO}_2$ )からなるコアロッド20を用意する。このコアロッド20は、回転している円柱状の出発材10をターゲットとし、その外周面上に火炎中で生成した $\text{SiO}_2$ と $\text{GeO}_2$ のガラス微粒子を堆積させ、その後、このガラス微粒子を焼結して透明ガラス化することにより作製すること

ができる。

【0027】具体的に説明すると、コア用のバーナーに原料となる四塩化ケイ素 ( $\text{SiCl}_4$ ) 及び四塩化ゲルマニウム ( $\text{GeCl}_4$ )、並びに燃料となる水素及び酸素 (以上は、すべて気体である。) を同時に送り込みながら、水素の燃焼によるバーナー火炎を出発材10にあてる。このとき、出発材10は、自らの軸を回転軸として回転させておく。これにより、バーナー火炎中の火炎加水分解反応により生じた  $\text{SiO}_2$  と  $\text{GeO}_2$  のガラス微粒子が出発材10に吹き付けられ、出発材10の外周面上に均一に堆積する。

【0028】堆積が進むにつれてガラス微粒子は成長し、軸方向に伸びてくるが、これに応じてガラス微粒子の複合体を少しずつ引き上げてゆくことで、常にガラス微粒子の先端にバーナー火炎があたるように制御する。このようにして、必要な長さのガラス微粒子堆積体が得られたら、これを焼結炉中で加熱し、焼結する。これによりガラス微粒子は透明ガラス化し、 $\text{GeO}_2$  が添加された石英ガラスの棒状体を得られる。これが、図1(a)のコアロッド20である。 $\text{GeO}_2$  は、石英ガラスの屈折率を上昇させる添加物であり、本実施例のコアロッド20への添加量は6.5wt%である。

【0029】次に、図1(b)に示されるように、コアロッド20の外周面上に内層クラッドとなるべきガラス微粒子 ( $\text{SiO}_2$  -  $\text{GeO}_2$ ) を堆積させる。このガラス微粒子は、クラッド用のバーナーに  $\text{SiCl}_4$ 、 $\text{GeCl}_4$ 、水素及び酸素を同時に送り込むことにより火炎中で生成したものである。

【0030】具体的には、コアロッド20を自らの軸を回転軸として回転させながらバーナー50の火炎をコアロッド20の上端部にあてて  $\text{SiO}_2$  と  $\text{GeO}_2$  のガラス微粒子を堆積させる。コアロッド20を少しずつ引き上げながらバーナー50の火炎をあて続けることで、ガラス微粒子はコアロッド20の表面上においてコアロッド20の軸方向に成長していく。これにより、 $\text{SiO}_2$  と  $\text{GeO}_2$  のガラス微粒子は、コアロッド20の外周面上に均一に堆積する。このようにして、内層クラッドとなるべきガラス微粒子の堆積体30が形成される。

【0031】なお、上記の方法の代わりに、次の方法を採用することもできる。すなわち、コアロッド20を自らの軸を回転軸として回転させながらバーナー50の火炎をあて、コアロッド20の軸方向に沿ってバーナー50をコアロッド20に対し相対的に繰り返し移動させていくことで、 $\text{SiO}_2$  と  $\text{GeO}_2$  のガラス微粒子をコアロッド20の外周面上に均一に堆積する。このような方法によっても、内層クラッドとなるべきガラス微粒子の堆積体30を形成することができる。

【0032】次いで、コアロッド20とガラス微粒子堆積体30の複合体を焼結炉中で加熱し、ガラス微粒子を焼結する。本実施例では、内層クラッドにFを添加すべ

く、 $\text{SiF}_4$  を焼結炉中に導入して形成したF雰囲気中で焼結を行う。これにより、上記のガラス微粒子は透明ガラス化し、内層クラッド31となる (図1(c))。

【0033】このようにして形成された内層クラッド31は、石英ガラスに  $\text{GeO}_2$  とFが添加されたものである。 $\text{GeO}_2$  の添加量は、2wt%である。Fは石英ガラスの屈折率を低下させる添加物であり、内層クラッド31の屈折率を調節し、コア20と内層クラッド31との間の比屈折率差を制御するために添加したものである。Fを添加しなくても比屈折率差の制御は可能であり、本発明の目的とする光ファイバ母材を製造することは十分に可能であるが、比屈折率差の制御が容易になるという利点を考慮して、本実施例ではFを添加することにした。なお、本実施例では、コア20と内層クラッド31との間の比屈折率差を、0.35%とした。

【0034】内層クラッド31は、コア20を密着して覆いつつ、コア20との屈折率差によって導波光を閉じこめ、光ファイバによる光伝送に寄与するものである。したがって、内層クラッド31は、光ファイバによる光伝送において導波光エネルギーがしみ出しうる程度の厚さにすれば良い。通常は、コアの約4倍以上の厚さがあれば良い。

【0035】次に、内層クラッド31の外周面上に、さらにクラッド層を形成する。このクラッド層は、内層クラッド31を密着して覆っており、外層クラッドと呼ばれる。この外層クラッドは、内層クラッドと組み合せて一つのクラッドを構成するもので、標準的なコア/クラッドの外径比を有する光ファイバ母材を得るために形成される。

【0036】外層クラッドは、図1(d)に示されるように、内層クラッド31の外周面上に  $\text{SiO}_2$  のみからなるガラス微粒子を堆積させ、これを透明ガラス化することにより形成する。

【0037】具体的には、コア20及び内層クラッド31の複合体を自らの軸を回転軸として回転させながら、外層クラッド用のバーナー51に  $\text{SiCl}_4$ 、水素及び酸素を同時に送り込み、生成されたバーナー火炎を内層クラッド31の上端部にあてて  $\text{SiO}_2$  のガラス微粒子を堆積させる。上記複合体を少しずつ引き上げながらバーナー51の火炎をあて続けることで、ガラス微粒子は内層クラッド31の表面上において複合体の軸方向に成長していく。これにより、 $\text{SiO}_2$  のガラス微粒子は、内層クラッド31の外周面上に均一に堆積する。このようにして、外層クラッドとなるべきガラス微粒子の堆積体40が形成される。

【0038】なお、上記の方法の代わりに、次の方法を採用することもできる。すなわち、コア20及び内層クラッド31の複合体を自らの軸を回転軸として回転させながら、外層クラッド用のバーナー51に  $\text{SiCl}_4$ 、水素及び酸素を同時に送り込み、生成されたバーナー火炎を内層

クラッド31にあて、軸方向に沿ってバーナ51を上記の複合体に対し相対的に繰り返し移動させる。これにより、SiO<sub>2</sub>のガラス微粒子が内層クラッド31の外周面上に均一に堆積する。このような方法によっても、外層クラッドとなるべきガラス微粒子の堆積体40を形成することができる。

【0039】次いで、コアロッド20、内層クラッド31及びガラス微粒子の堆積体40からなる複合体を焼結炉中で加熱し、ガラス微粒子を焼結する。これにより、ガラス微粒子の堆積体40は透明ガラス化し、外層クラッド41となる。以上のようにして、本実施例の光ファイバ母材製造方法は完了し、本実施例の目的とする光ファイバ母材100が得られる(図1(e))。

【0040】図2は、光ファイバ母材100の構造を示す図である。コアはGeO<sub>2</sub>が添加された石英ガラス、内層クラッドはGeO<sub>2</sub>とFが添加された石英ガラス、外層クラッドは実質的に純粋な石英ガラスから構成されている。

【0041】本実施例の方法により製造された光ファイバ母材を通常の線引装置を用いて線引することで光ファイバが得られる。この光ファイバは、コアのみならずクラッドにもGeO<sub>2</sub>が添加された石英系の光ファイバである。

【0042】本実施例の方法により製造された光ファイバ母材から線引される光ファイバは、高反射率の回折格子を作り込むことで所定波長の光を高い反射率で反射するようになり、光フィルタとして好適な使用が可能である。本発明者らは、この点を確認すべく、実際にこの光ファイバ内に回折格子を形成した。以下、この回折格子形成方法について説明する。

【0043】一般に、GeO<sub>2</sub>が添加された石英ガラスに紫外光を照射すると屈折率が上昇する。紫外光の波長は、通常、150nm～300nmから選択されるが、特に、240nm～250nmの紫外光を照射する場合が多い。本実施例の製造方法による光ファイバ母材から得られる光ファイバは、コア及びクラッドが、ともにGeO<sub>2</sub>が添加された石英ガラスから構成されているため、この光ファイバの所定部位に紫外光を照射することで、所定部位に含まれるコア及びクラッドの双方に回折格子を形成することができる。紫外光の照射は、上記光ファイバを所望の長さに切り取った後に行ってもよいし、線引された上記光ファイバを巻き取る途中に行うなど、上記光ファイバの製造工程に組み込んで行ってもよい。

【0044】本実施例では、一定周期(等ピッチ)の回折格子を光ファイバ内に形成することとし、このために、一定周期(等間隔)の紫外光干渉縞を光ファイバに照射した。以下では、紫外光干渉縞の照射方法について詳しく説明する。

【0045】図3は、紫外光干渉縞の照射方法を説明す

るための図である。本実施例では、ホログラフィック干渉法(二光束干渉法)により2本のコヒーレントな紫外光を干渉させ、これによって生成された干渉縞を本実施例の光ファイバ母材100から得られた光ファイバ80に照射する。

【0046】図3を参照しながら具体的に説明すると、まず、紫外光光源60から出力された紫外光は、干渉手段70に入射する。紫外光光源60としては、アルゴンレーザ光源を用いる。アルゴンレーザ光源は、244nmのコヒーレントな紫外光を連続発振する。また、干渉手段70は、ビームスプリッタ71a、並びに反射鏡71b及び71cから構成されている。

【0047】アルゴンレーザ光源60からの紫外光は、ビームスプリッタ21aにより透過光と反射光の2光束に分岐される。分岐された各光束は、それぞれ反射鏡21b及び21cによって反射され、光ファイバ80の軸方向に対し互いに補角の関係にある角度をもって光ファイバ80に照射される。

【0048】分岐された各光束は干渉領域90にて干渉し、所定周期の干渉縞を形成しつつ、光ファイバ80に照射される。照射された紫外光は、コア81及びクラッド82に入射して、伝搬モードに対する実効屈折率を変化させる。これにより、コア81及びクラッド82の干渉縞照射領域には、干渉縞の光強度分布に応じた屈折率分布がそれぞれ形成される。これが、回折格子83及び84である。

【0049】この回折格子83及び84は、コア81又はクラッド82の一領域であって実効屈折率が軸方向に沿って最小屈折率と最大屈折率の間で周期的に変化しているものである。なお、最小屈折率は、コア81又はクラッド82の当初の実効屈折率(紫外光照射前の実効屈折率)にほぼ等しい。これらの回折格子83、84は、ブラッグ反射波長 $\lambda_b$ を中心とした比較的狭い波長域にわたって所定の反射率で光を反射する。ここで、

$$\lambda_b = 2 \cdot n \cdot \Lambda$$

$n$ : 最小屈折率

$\Lambda$ : 回折格子の周期(屈折率変化の周期)

である。なお、回折格子の周期 $\Lambda$ は、照射した干渉縞の周期にほぼ等しい。

【0050】クラッド82とコア81の屈折率は異なるので、上式によれば、クラッド82に形成された回折格子84の反射波長は、コア81に形成された回折格子83の反射波長からずれることになる。しかし、一般に、光ファイバのクラッドとコアの屈折率差は小さいので、反射波長のずれ量も大きくない。そして、回折格子の反射スペクトルは反射波長を中心に拡がりを持つので、回折格子84は回折格子83の反射波長の光を十分に反射することになる。

【0051】回折格子83及び84が形成された光ファイバ80は、コア81を伝搬する導波光のみならず、ク

ラッドへ放射される光をも反射し、モードフィールド全域にわたって導波光を反射するため、コアのみに回折格子の形成された光ファイバに比べて、高い反射率を有する。実際に、光ファイバ80の一端から回折格子83の反射波長の光を入射させて、反射率を測定したところ、反射率は約75%であり、良好な結果を得た。

【0052】このように、本実施例の方法によれば、回折格子を作り込むことで所定波長の光を高い反射率で反射する光ファイバの母材を製造することができ、極めて有用である。

【0053】以上、本発明の実施例を詳細に説明したが、本発明は上記実施例に限定されるものではなく、様々な変形が可能である。例えば、実施例では、シングルモード光ファイバ用の母材を製造したが、コアロッド、内層クラッド及び外層クラッドの外径比を調節して形成することで、マルチモード光ファイバ用の母材を製造することも可能である。

【0054】

【発明の効果】以上、詳細に説明した通り、本発明の光ファイバ母材製造方法によれば、酸化ゲルマニウムが添加された第1クラッドが形成されるため、回折格子を作り込むことで所定波長の光を高い反射率で反射する光ファイバの母材を製造することができ、極めて有用である。

【0055】本発明のガラス母材製造方法のうち、第1石英ガラス微粒子を第1バーナを用いてコアロッドの軸方向に成長させる方法によれば、均一な厚さの第1クラッドが形成されるので、質の良い光ファイバ母材を製造することができる。

【0056】また、本発明のガラス母材製造方法のうち、第1バーナをコアロッドの軸とほぼ平行に相対的に移動させる方法によっても、均一な厚さの第1クラッド

が形成されるので、質の良い光ファイバ母材を製造することができる。

【0057】本発明のガラス母材製造方法のうち、フッ素を含む雰囲気中で第1石英ガラス微粒子の焼結を行う方法では、酸化ゲルマニウムとともにフッ素を第1クラッドに添加するので、コアロッドと第1クラッドとの比屈折率差の制御が容易になり、一層好適である。

【0058】本発明のガラス母材製造方法のうち、第2石英ガラス微粒子を第2バーナを用いてコアロッドと第1クラッドの複合体の軸方向に成長させる方法によれば、均一な厚さの第2クラッドが形成されるので、質の良い光ファイバ母材を製造することができる。

【0059】また、本発明のガラス母材製造方法のうち、第2バーナをコアロッドと第1クラッドの複合体の軸とほぼ平行に相対的に移動させる方法によっても、均一な厚さの第2クラッドが形成されるので、質の良い光ファイバ母材を製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例のガラス母材製造方法を説明するための図である。

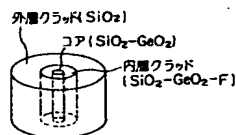
【図2】実施例で製造されたガラス母材の構造を示す図である。

【図3】紫外光干渉縞の照射方法を説明するための図である。

【符号の説明】

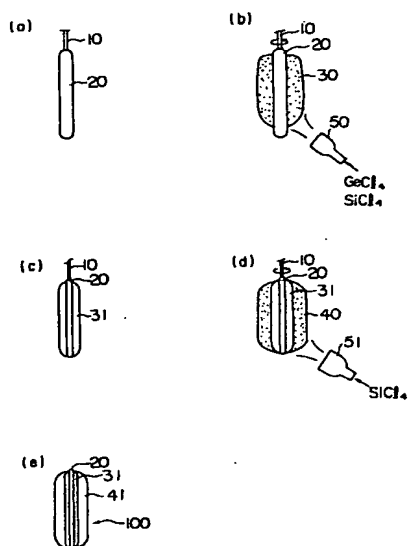
10…出発材、20…コアロッド、30…内層クラッドとなるべきガラス微粒子の堆積体、31…内層クラッド、40…外層クラッドとなるべきガラス微粒子の堆積体、41…外層クラッド、50…内層クラッド用のバーナ、51…外層クラッド用のバーナ、100…ガラス母材。

【図2】





【図1】



【図3】

